

## PROCEDURES FOR DIMENSION OF FLEXIBLE ROAD CONSTRUCTIONS

**Aleksandar Glavinov**

Ministry of defense, University “Goce Delchev” – Shtip, Military Academy “General Mihailo Apostolski” – Skopje, Macedonia, [aglavinov@yahoo.com](mailto:aglavinov@yahoo.com), [aleksandar.glavinov@ugd.edu.mk](mailto:aleksandar.glavinov@ugd.edu.mk), [aleksandar.glavinov@morm.gov.mk](mailto:aleksandar.glavinov@morm.gov.mk)

**Gorgi Dimov**

University "Goce Delcev", Stip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Department of Hydrology and Geotechnics, Shtip, Macedonia, [gorgi.dimov@ugd.edu.mk](mailto:gorgi.dimov@ugd.edu.mk)

**Nikola Zlatanov**

Faculty of Natural and Technical Sciences, University “Goce Delchev” of Shtip, Macedonia  
[vekigradba.nikola@gmail.com](mailto:vekigradba.nikola@gmail.com)

**Abstract:** Experience and procedures for dimension of flexible road construction structures is a complex process. Therefore, several dimension methods are used: ASHTO formed in 1959 in the state of Illinois, USA, Federal Association for Public Roads and Transport AASHTO 2004, methods of the Institutes for asphalt formed in 1955 in England ASSHO and WASHO, method of the SHELL group and method of (FAA) Federal Aviation Administration USA. Methods for collecting data and accumulating them in an appropriate project include design levels, predictions of damage, unevenness, assessment of characteristics, design reliability, expected costs, dimension, and predicting the behavior of pavement structures. The AASHTO method is based on the results of an experiment made in the state of Illinois in 1959 and 1960, and the first guideline was published in 1961 since then, updates have been published regularly to track down the latest findings in the area of pavement structures. There are also computer programs designed for using this method, one of which is "FLEXPAVE". The ASSOA and WASHO method appeared in 1955 in England, it is implemented by the asphalt institute. In the upcoming years this method was upgraded in collaboration with the US engineering corps, the US government agencies and the most famous numerical procedures for the time, as well as computer programs "DAMA" "BISAR" "And" "CHEVRON". This software enables the monitoring of monthly changes in condition and destruction by entering the corresponding input data. Through the SHELL group method, the pavement structure is viewed as a linear elastic multi-layer system whose layers have their own characteristics that are expressed through the modulus of elasticity Poisson's coefficient. The traffic is expressed through an ESA - an equivalent standard axis, which acts vertically and it is equally distributed over one or more circular surfaces. Through the (FAA) method, the Federal Aviation Administration in the United States has issued a manual for the dimension of pavement structures depending on the mass of the plane, based on its own classification of the ground, the characteristics of the materials that are part of the pavement structure, the loading of the main aircraft, repetition of the load and the frost effect. Based on these parameters, the thickness of the pavement structure is determined. Today, there is software based on the finite element principles of FEAFAA, FEDFAA, BAKFAA return program, and a program for determining the ACN number COMFAA

**Keywords:** pavement constructions, flexibility, design, procedures, dimension.

## ПОСТАПКИ ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ФЛЕКСИБИЛНИ КОЛОВОЗНИ КОНСТРУКЦИИ

**Александар Главинов**

Министерство за одбрана, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Воена академија „Генерал Михајло Апостолски“, Скопје, Македонија, [aglavinov@yahoo.com](mailto:aglavinov@yahoo.com), [aleksandar.glavinov@ugd.edu.mk](mailto:aleksandar.glavinov@ugd.edu.mk), [aleksandar.glavinov@morm.gov.mk](mailto:aleksandar.glavinov@morm.gov.mk)

**Горги Димов**

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Факултет за природни и технички науки, Катедра за хидрологија и геотехника, Штип, Македонија, [gorgi.dimov@ugd.edu.mk](mailto:gorgi.dimov@ugd.edu.mk)

**Никола Златанов**

Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Македонија,  
[vekigradba.nikola@gmail.com](mailto:vekigradba.nikola@gmail.com)

**Резиме:** Искуствата и постапките за димензионирање на флексибилни коловозни конструкции е сложен процес затоа се користат повеќе методи при димензионирање како што се: ASHTO формирано во 1959 година во државата Илиноис, САД, Федералната асоцијација за јавни патишта и транспорт AASHTO 2004, методи на институтите за асфалт формирани во 1955 година во Англија ASSHO и WASHO, метод на групата SHELL и метод на (FAA) Федералната администрација за авијација САД.

Методите за прибирање на податоци и нивно акумулирање во соодветен проект опфаќаат нивоа на проектирање, предвидувања на оштетувања, нерамнини, проценка на карактеристики, проектна сигурност, очекувани трошоци, димензионирање, и предвидување на однесувањето на коловозните конструкции.

Методот на AASHTO се заснова врз основа на резултатите од експериментот направен во државата Илиноис во 1959 и 1960 година, и првото упатство е објавено во 1961 година, од тогаш редовно се објавуваат дополнувања кои ги пратат најновите сознанија од областа на коловозните конструкции.

Постојат и компјутерски програми за осленување на користењето на овој метод една од нив е “FLEXPAVE”. Методот на ASSHO и WASHO се појавил во 1955 година во Англија, кој го споредил институтот за асфалт, подоцна овој метод е надоградуван во соработка со инженерскиот корпус на САД, владините агенции на САД и најпознатите нумерички постапки како и компјутерските програми “DAMA” “BISAR” и “CHEVRON”. Овој софтвер овозможува пратење на месечните промени на напонската состојба и уништувањето со внесување на соодветните влезни податоци.

Преку методот на групата SHELL коловозната конструкција се посматра како линеарен еластичен повеќеслоен систем, чии слоеви имаат свои карактеристики кои се изразуваат преку модулот на еластичност Поасоновите коефициент. Сообраќајот е изразен преку ECO – еквивалентна стандардна осовина, која делува вертикално и подеднакво распределена преку една или повеќе кружни површини.

Преку методот на (FAA) Федералната администрација за авијација во САД има издадено прирачник за димензионирање на коловозните конструкции во зависност од масата на авионот, на основа на сопствена класификација на тлото, карактеристиките на материјалите кои влегуваат во составот на коловозната конструкција, оптеретувањето на меродавниот авион, повторувањето на оптеретувањето и дејството на мраз. Врз основа на овие параметри се одредува дебелината на коловозната конструкција. Денеска постои софтвер кој се заснова на принципите на конечни елементи FEAFEA, FEDFAA, програма за повратен буџет BAKFAA и програма за одредување на ACN број COMFAA.

**Клучни зборови:** Коловозни конструкции, флексибилност, проектирање, постапки, димензионирање.

## 1. ВОВЕД

Сите ние се движиме кон одредена цел, во денешно време со развојот на науката и технологијата се развиваат и можностите за унапредување на знаењето и негово применување во пракса во реалниот свет со единствена цел подобрување на квалитетот на животот на секој поединец. За тоа да ни претставува успешна мисија ние мораме да се повикаме на сите досегашни искуства од минатото и тие искуства да ги преточиме во нови идеи за понатамошен развој. Кога зборуваме за постапки за димензионирање на флексибилни коловозни конструкции неминовно е да се вратиме во минатото во зачетокот на сите друштва, асоцијации, државни и приватни агенции кои имаат дадено свој придонес кон развојот на транспортната инфраструктура. Постојат повеќе методи а подетално ќе се задржиме на методот на Здружението за јави патишта и транспорт AASHTO 2004 од САД.

## 2. МЕТОД НА ИНСТИТУТОТ ЗА АСФАЛТ

Во оваа постапка коловозната конструкција се набљудува како повеќеслоен еластичен систем. Карактеристиките на материјалот се во секој слој изразени со помош на модулот за еластичност. Сообраќајот се прикажува преку бројот на повторување на едноосовинското оптеретување од 80kN. За постелката се претпоставува дека е бесконечна во вертикална и хоризонтална насока. Останатите слоеви се бесконечни во хоризонтална насока. Се предпоставува потполна врска помеѓу слоевите. Гледано од страната на димензионирањето, критични се две дилатации кои настануваат непосредно од оптеретувањето од возилата.

- Хоризонтална дилатација при затегнување, кој настанува во најслабиот врзен слој кај битуменот и
- Вертикална дилатација кој настанува од притисокот на површината на постелката.

Преголемите хоризонтални дилатации предизвикуваат пукнатини, а преголемите вертикални дилатации предизвикуваат трајни деформации.

Со оглед на сезонските промени на флексибилните коловозни конструкции, програмата “DAMA” овозможува пратење на месечните промени на напонската состојба и уништување. Влезни податоци се:

- Дебелината на слојот;
- Карактеристики на материјалот (модул на еластична деформација);
- Време на распаѓање на емулзијата;
- Месечно повторување на оптоварувањето;
- Времетраење на конструкцијата;
- Средна месечна температура на воздухот;
- Распоред на оптеретувањето (едноосовинско, двоосовинско, еден пневматик, два пневматика, радиус на контактна површина и осовинско растојание на контактните површини) и
- Однос на модулот и температура.

Излезни податоци се:

- Табеларен приказ на сите влезни податоци;
- Анализа на замор;
- Анализа на трајни деформации на колотрагот;
- Месечни промени на нагибите;
- Дилатација при тензија и дилатација при притисок за секоја состојба на оптоварувањето и
- Месечни промени на распаѓање на сите делови на коловозните конструкции.

Во излезните податоци се сумираат сите можни оштетувања во критичниот слој, се анализира времетраење на конструкциите и се прецизира вкупниот број на дозволени повторни оптоварувања. На крајот се дадени податоците за критичниот временски период кога мора да се појача коловозната конструкција.

### 3. МЕТОД НА ГРУПА SHELL

Овој метод коловозната конструкција ја посматра како линеарен еластичен повеќеслоен систем. Словите имаат свои карактеристики кои се изразуваат преку модулот на еластичност и Поасоновиот коефициент.

Се претпоставува дека материјалот е хомоген, изотропен и бесконечен во хоризонталната рамнина. Сообраќајот е изразен преку ЕСО – еквивалентна стандардна осовина, која делува вертикално и подеднакво е распределена преку една или повеќе кружни површини на хоризонталната површина на коловозот. Коловозната конструкција се состои од три слоја. Најнискиот слој со неограничени димензии во вертикална насока ја претставува постелката. Средниот слој ја сочинува непозврзаната горна и долна подлога. Тие можат да бидат поврзани со цемент или вар. Горниот слој го претставуваат материјали сврзани со битумен. Кај коловозните конструкции – “FULL DEPTH” сите слоеви се од материјали сврзани со битумен и директно се поставени на постелката.

### 4. МЕТОД НА ЗДРУЖЕНИЕ ЗА ЈАВНИ ПАТИШТА И ТРАНСПОРТ – AASHTO

Првото упатство за димензионирање е објавено во 1961 год и од тогаш редовно се објавуваат дополнувања кои ги пратат најновите создавања од областа која ги опфаќа коловозните конструкции. Но и покрај оваа обемно упатство постојат и разни програми за компјутери, една од нив е и FLEXPAVE со која значајно се олеснува овој метод.

Меродавни параметри за димензионирање се :

- Времетраењето до првото појачување;
- Проектен период;
- Сообраќајно оптеретување;
- Влијанието на средината;
- Критериуми за квалитет;
- Карактеристики на материјалот;
- Карактеристики на коловозната конструкција;

#### 4.1. Времетраењето до првото појачување

Периодот до првото појачување или реконструкција, претставува време од моментот на пуштање во сообраќај до првото појачување или времето измеѓу две појачувања. Најчести периоди за тоа се од 10 до 15 години (најмалку 5 години).

#### 4.2. Проектен период

Проектираниот периодот е временски период во кој период коловозната конструкција треба да биде во функција. Во зависност од важноста на патот постојат различни проектни периоди:

- Урбани автопати од 30 до 50 години;

- Автопатишта и патишта од прва класа од 20 до 50 години;
- Останати патишта од 15 до 25 години и
- Останати патишта со заштита од неврзан материјал од 10 до 20 години

#### 4.3. Сообраќајно оптоварување

Вкупното еквивалентно сообраќајно оптеретерување во проектниот период, за лентата која треба да се димензионира, е изразено со помош на бројот на премини на “ стандардни возила” од 80kN по осовина:

$$ECO80 = R_s \cdot R_t \cdot e_{so}$$

ECO80 - вкупното еквивалентно сообраќајно оптеретерување од 80 kN по осовина на лента во тек на проектниот период.

$R_s$  – коефициентот на сообраќајни насоки за повеќето патишта

$R_t$  – коефициентот на сообраќајни ленти ако во една насока има две или повеќе.

$e_{so}$  - вкупното еквивалентно сообраќајно оптеретерување од 80 kN по осовина во две насоки за одреден дел од патот во проектниот период.

#### 4.4. Сигурност

Сигурноста  $R$  претставува веројатност дека коловозната конструкција на крајот на проектниот период и во услови на животната средина, поседува индекс на употребливост поголем или еднаков од проектираниот. Проектните вредности на нивото на сигурност се прикажани во табела 3.

**Табела 1. Проектни вредности на нивото на сигурност**

Поделба на патот	Нивото на сигурноста во проценти	
	градски	меѓуградски
автопати	85 до 99.9	80 до 99.9
I класа и градски магистрали	80 до 99	75 до 95
II, III и IV класа и собирни улици	80 до 95	75 до 95
Локални патишта	50 до 80	50 до 80

#### 4.5. Критериуми за квалитет

За оценување на квалитетот на коловозната конструкција се користи индекс на употребливост, големина на колотрагот и разнесување на агрегатот (кај патишта со заштитен слој од неврзани материјали).

#### 4.6. Индекс на употребливост

За оценување на состојбата на коловозната конструкција се користи индекс на сегашна употребливост “ $p$ ” чии вредности се 0 (уништена коловозна конструкција) до 5 (коловозна конструкција во одлична состојба). Вкупна промена на индексот на употребливост на проектниот период е :

$$\Delta p = p_0 - p_t$$

$\Delta p$  – промена на индексот на употребливост

$p_0$  – индекс на употребливост на почетокот на проектниот период

$p_t$  – индекс на употребливост на крајот на проектниот период

### 5. ПОСТАПКА ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ ФКК (AASHTO) 2004

Во оваа постапка флексибилните коловозни конструкции се сите нови, реконструирани и рехабилитирани конструкции на кои е поставена асфалтна подлога. Основни чекори при димензионирање се:

- Пробни димензионирања за специфичните услови кои се очекуваат на одредените делови на патот: да се дефинира носивоста на подлогата, дефинирање на карактеристиките на материјалите по слоеви, сообраќајно оптоварување, климатски услови, тип на коловозна конструкција, вертикалната димензија на коловозната конструкција, како и карактеристиките во текот на градењето.
- Основаните критериуми за прифатливо однесување на коловозните конструкциина до крајот на проектниот период.
- Одредување на посакуваното ниво на сигурност за секој од проктните параметри.
- Обработка на влезните податоци за месечни вредности на сообраќајното оптоварување, сезонски варијаци на карактеристиките на материјалот и климата.

- Пресметување на конструктивното влијание (напон и дилатација) со теоријата за повеќеслоен еластичен систем или примена на метод за конечни елементи за секој тип на осовинско оптоварување.
- Пресметување на вкупното оштетување на крајот од секој анализиран подпериод за време на целокупниот проектен период.
- Предвидување на основни оштетувања (колотраг, пукнатина од површината кон дното и обратно, термички пукнатини).
- Предвидување на грубости (IRI) како функција на почетната грубост на акумулираните оштетувања со тек на времето на крајот од секој анализиран временски прираст.
- Оценка од очекуваните карактеристики на тест пресметка за дадено ниво на сигурност.
- Ако тест пресметката не ги задоволува критериумите, се менува пресметката и се повторуваат чекорите од 4 до 9 се додека не се задоволат критериумите.

## 6. ПРЕДВИДУВАЊЕ НА ОДНЕСУВАЊЕТО НА КОЛОВОЗНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

Димензионирањето и анализирањето на дадените коловозни конструкции е засновано на акумулација на оштетувањето, кое е функција на времето и сообраќајното оптеретување.

Главна оштетување на флексибилните коловозни конструкции е:

- Трајната деформација – во вид на три основни типа на деформација: примарен, секундарен и терцијарен стадиум.
- Вкупната трајна деформација на годишниот период преставува збир од сите трајни деформации за секој слој и е изразена со математичка помош.
- Сигурност на трајна деформација се пресметува со одредување на предвидените колотрази на посакуваното ниво на сигурност
- Сигурноста на пукнатината после заморот – сигурноста на димензионирањето е заснована на одредени предвидени оштетувања после заморот со барано ниво на сигурност:

$$FC\_P = (FCi + SeFCi \cdot ZP)$$

- Модел за термички пукнатини:

Количина на настанатите пукнатини предизвикани од термичките циклуси топло-ладно е предвидена со употреба на Парисовиот закон (Paris) за ширење на пукнатините:

$$\Delta C = A \cdot \Delta k^n$$

**Табела 2. Национални калибрациони параметри за модел на термички пукнатини:**

Хиерархиско ниво	$\beta$ 1	$\sigma$	E	$\beta$
1	400	0.769	10000	5.0
2	400	0.769	10000	1.5
3	400	0.769	10000	3

## 7. ЗАКЛУЧОК

Во овој труд може да се заклучи дека станува збор за различни здруженија кои со свои различни критериуми, во различни временски периоди и со различни искуства, различно и пристапуваат кон правилата и постапките за димензионирање на флексибилните коловозни конструкции. Но и покрај различните постапки сепак имат доста идентичен, скоро ист пристап кон повеќето од виталните елементи т.е. параметри како што се на пр: Карактеристиките на материјалот, сообраќајното оптоварување, климатските услови, карактеристики на коловозната конструкција и сл.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Цветановиќ, Б Баниќ, Основе сообраќајница, Граѓевински факултет, Београд 2005
- [2] А. Цветановиќ, Б Баниќ, „Коловозне конструкции“, Академска мисао, 2007 Београд
- [3] А. Цветановиќ, „Основи путева“ Научна књига, 1989
- [4] Авдовиќ О. (1998) Семинар: Услови на договорот (FIDIC) и технички услови за изградба на автопатиштата во Република Македонија – модели EIB и WB, тема: „Технички услови за изградба на

- 
- коловозни конструкции со посебен осврт на примена на полимер - битумените“, Градежен факултет, Скопје
- [5] Б. Бабич, Пројектирање колничких конструкција, Хрватско друштво градевинских инжињера, Загреб 1997
- [6] Г. Цофрој, Пројектовање и градење коловозних конструкција (Свеска II) „Градевинска книга“, Београд 1975
- [7] Горан Мијоски, Горен строј на патишта – авторизирана скрипта
- [8] Г. Мијоски.: „Интегрален пристап кон оценката на атрибутите и индикаторите на возната површина“, Докторска дисертација, Градежен факултет –Скопје, Скопје 2010, 328 стр.
- [9] Главинов Александар „Горен строј на патишта“ – авторизиран скрипта 2015, Скопје
- [10] Главинов Александар „Одржување на патната инфраструктура“ – авторизиран скрипта 2016, Скопје
- [11] Главинов Александар „Основи на сообраќајници“ – авторизиран скрипта 2017, Скопје
- [12] З. Јоксик, Коловозне конструкции путева, пројектовање, градење и одржување „Градевинска книга“, Београд 1986
- [13] Зоран Радојковиќ „Систем управљана коловозима“, 2000 Београд
- [14] Павле Стоименов, „Патишта“, Скопје 1987 година
- [15] Moghaddam, T.B. Karim, M.R. and Abdelaziz, M. A. Review on fatigue and rutting performance of asphalt mixes (Scientific Research and Essay s Vol. 6(4), Academic Journals, ISSN 1992 - 2248 © 2011)
- [16] Радојка Дончева „Проектирање на патишта“, Скопје 2004 година
- [17] Илија Шпанович „Воени путеви“, 1983 Београд
- [18] Просторен план на Република Македонија